

## Bearing for high speed rotary shafts

Patent Number: ☐ US3934950  
Publication date: 1976-01-27  
Inventor(s): KUHLMANN WOLF  
Applicant(s):: SKF IND TRADING & DEV  
Requested Patent: ☐ DE2248695  
Application Number: US19730403330 19731003  
Priority Number(s): DE19722248695 19721004  
IPC Classification: F16C39/00  
EC Classification: F16C17/08, F16C39/06  
Equivalents: ☐ FR2202557, ☐ GB1422386, IT999613, ☐ JP49093747

---

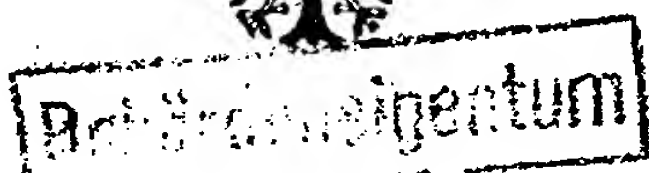
### Abstract

---

System for journalling a high speed rotary shaft in which a spherical fluid dynamic cap bearing is adapted to receive an end of the shaft. A magnet arrayed in the vicinity of the cap exerting a force axially on the shaft. The shaft is provided with magnetic material cooperation with the magnet, so that that the shaft is drawn and/or pushed into the bearing.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2



Deutsche Kl.: 47 b, 32/00

# Offenlegungsschrift 2 248 695

Aktenzeichen: P 22 48 695.9

Anmeldetag: 4. Oktober 1972

Offenlegungstag: 11. April 1974

Ausstellungspriorität: —

Unionspriorität

Datum: —

Land: —

Aktenzeichen: —

Bezeichnung: Lagerung für mit hoher Drehzahl rotierende Wellen

Zusatz zu: —

Ausscheidung aus: —

Anmelder: SKF Kugellagerfabriken GmbH, 8720 Schweinfurt

Vertreter gem. § 16 PatG: —

Als Erfinder benannt: Kuhlmann, Wolf, Dipl.-Phys. Dr., 8721 Dittelbrunn

600477 11

ORIGINAL INSPECTED

3.74 409 815/577

7/70

## Lagerung für mit hoher Drehzahl rotierende Wellen

Die Erfindung betrifft eine Lagerung für mit hoher Drehzahl rotierende Wellen von Rotoren, Zentrifugen, Spindeln oder dergleichen, mit einem Kalottenlager, vorzugsweise hydrodynamischen Spiralrillen-Kalottenlager.

Es ist bekannt, hydrodynamische Kugelkalottenlager als Axialgleitlager für lotrecht angeordnete Wellen, die im Betrieb eine größere Umdrehungszahl ausführen, wie z. B. Wellen von Zentrifugen, Garnspulmaschinen, Drahtabwickelmaschinen und ähnlichen Werkzeugen zu verwenden.

Nachteilig hierbei ist, daß das Kugelkalottenlager nur in einer Richtung wirkt und folglich bei Verwendung nur eines Lagers pro Welle nur eine lotrechte Welle, deren Schwerachse mit der Drehachse zusammenfällt, aufnehmen kann. Nachteilig ist ferner, daß auch bei lotrechten Wellen ein Halslager oder dergleichen zur Aufnahme radialer Kräfte vorgesehen sein muß.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die bekannten einseitig wirkenden Axiallager und insbesondere Spiralrillen-Kalottenlager so auszugestalten, daß in jeder beliebigen Einbaulage des Axiallagers von ihm Kräfte aus beiden Richtungen aufgenommen werden können, so daß das Lager beidseitig wirksam ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Spiralrillen-Kalottenlager erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in Nähe des Kalottenlagers Magnete angeordnet sind, die mittels des magnetischen oder magnetisierbaren Wellenendteils der zu lagernden Welle eine Kraft in Richtung auf das Kalottenlager auf Wellenendteil und Welle ausüben.

4 0 9 8 1 5 / 0 5 7 7

Hierdurch wird eine in axialer Richtung auf das Kugelkalottenlager wirkende Anpreßkraft erzeugt, die unabhängig von der Winkellage der Welle im Raum das bisher einseitig wirkende Axiallager zu einem nunmehr beidseitig wirkenden Lager macht. Bei Verwendung von Kugel-Kalottenlagern wird darüber hinaus durch die Magnetkräfte eine radiale Führung der Welle in der Kalotte ermöglicht. In vielen Anwendungsfällen kann ein zweites Lager zur Aufnahme radialer Kräfte vollständig entfallen.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform gemäß der Erfindung sind die Magnete auf der dem Kalottenlager abgewandten Seite nahe bei der Rotationsachse der Welle angeordnet. Hierdurch wird die Welle in radialer Richtung besonders gut stabilisiert.

Gemäß der Erfindung ist es ferner vorteilhaft, daß das rotierende Wellenende in radialer Richtung über den Durchmesser des Kalottenlagers hinausreicht und Zugmagnete auf diese Teile eine Kraft in Richtung auf das Kalottenlager ausüben. Je nach der konstruktiven Gestaltung des Wellenendes und den damit korrespondierenden Zugmagneten kann das Wellenende beispielsweise als Vollscheibe oder als Napf mit ebenem Rand ausgebildet sein. In gleicher Weise können auch auf dem Wellenende Magnete angeordnet sein, die zusammen mit den ortsfesten oben erwähnten Magneten wirken. Je nach der Lage der ortsfesten Magneten zu den am Wellenende befindlichen Magneten und ihrer Polung kann die Anpreßkraft der Welle auf das Kalottenlager mittels Zugkraft oder sich abstoßender Kräfte aufgebracht werden.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ist gekennzeichnet durch eine das Kalottenlager umgreifende stehende Rotorwelle, deren Wellenendteil Magneten gegenüber liegt.

Zur Dämpfung auftretender Schwingungen ist es ferner vorteilhaft, wenn das Kalottenlager mittels eines elastischen Polsters auf seiner Unterlage abgefedert ist.

Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich aus den Figuren, die nachfolgend beschrieben sind.

409815/0577

Es zeigt:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Lagerung einer waagerechten Welle,

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Lagerung einer hängenden Welle,

Fig. 3 die Lagerung einer waagerechten Welle mittels sich abstoßender Magneten,

Fig. 4 und 5 Lagerungsbeispiele für einen stehenden Rotor und

Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 soll eine waagerechte Welle 1 mit ihrem Wellenende 2 beidseitig in axialer Richtung und in radialer Richtung in einem Spiralrillen-Kalottenlager 3 gelagert werden. Hierzu wird hinter dem Spiralrillen-Kalottenlager in Nähe der Rotationsachse 4 ein Magnet 5 angeordnet. Die Zugkräfte dieses Permanent- oder Elektromagneten 5 wirken auf das magnetische oder magnetisierbare Wellenende 2 und ziehen es in das hydrodynamische Spiralrillen-Kalottenlager 3. Bei Verwendung eines Elektromagneten kann die Zugkraft an die bei dynamischen Lagern von der Drehzahl abhängige Tragkraft des Lagers mit an sich bekannten (nicht gezeigten) elektronischen Schaltungen angeglichen werden. Die Welle kann mittels eines weiteren radialen Lagers 23 (aktives oder passives Magnetlager) in ihrer waagerechten Position gehalten werden. Bei Betriebsdrehzahl steht die Welle 1 bzw. das Wellenende 2 mit dem Kalottenlager 3 nur über den Schmierfilm in Berührung. Hierdurch wird eine Dämpfung der Schwingungsübertragung zwischen Welle 1 und Gehäuse 6 erzielt.

Es ist vorteilhaft, wenn das vom Magneten 5 erzeugte Magnetfeld bezüglich der Rotationsachse 4 rotationssymmetrisch ist, so daß keine Wirbelstromver-

409815/0577

luste auftreten können. In vorteilhafter Weise kann die axiale Zugkraft des Magneten mittels der Regeleinrichtung 7 geregelt werden. Die Regeleinrichtung 7 besteht aus einem Aufnehmer 8, der beispielsweise die Drehzahl über eine Lochscheibe 9 oder die Axialposition der Welle 1 aufnimmt. Diese Information wird von einer Schaltung 10 verarbeitet, die eine Spule 11 zur Beeinflussung des Magneten 5 steuert.

Ferner kann bei anderer Ausführung des Aufnehmers 8 dieser dazu dienen, die Axialposition der Welle 1 zu messen und über eine Schaltung 10 auf die Spule 11 zur Beeinflussung des Magneten 5 einzuwirken. Bei entsprechend empfindlicher Messung der Axialposition durch den Aufnehmer 8 ist es möglich, über die Regeleinrichtung 7 selbst bei größeren Änderungen der Axiallast eine günstige Schmierfilmdicke im Spiralrillen-Kalottenlager aufrechtzuerhalten.

Das Lager 3 kann ein aerodynamisches oder hydrodynamisches Lager sein. Sollte bei bestimmten Anwendungsfällen in der Anlaufphase der hydrodynamische Schmierfilm nicht ausreichen, so kann mittels des Axialpositionsgebers 8 ein zusätzlich angeordnetes aero- oder hydrostatisches Lager (nicht gezeigt) verwendet werden, das auch während der Anlaufphase eine berührungsfreie Position der Welle 1 gegenüber ihren Lagern sicherstellt. Ferner kann der Aufnehmer 8 dazu dienen, die Axialbelastung des Spiralrillen-Kalottenlagers 3 zu messen und über die Schaltung 10 auf die Spule 11 zur Beeinflussung der Magneten 5 einwirken. Wie deutlich aus Figur 1 hervorgeht, ist die Neigung der Rotorachse 4 in Grenzen variabel, was z. B. bei hochtourigen Rotoren von Bedeutung sein kann und Einbauprobleme (Fluchtung, Ausrichtung) bei Verwendung eines zweiten Radiallagers reduziert.

Fig. 2 zeigt einen hängend gelagerten Rotor 12, der eine Welle 1 aufweist, deren Wellenende 2 in einem Spiralrillen-Kalottenlager 3 gelagert ist. Die Zugkraft auf das Wellenende wird auch hier von einem Magneten 5 aufgebracht. Zur Dämpfung von Schwingungen ist das Kalottenlager 3 gegenüber dem Gehäuse 6 in einem Polster 13 abgestützt. Dieses Polster kann z. B. aus Gummi oder Kunststoff bestehen; es kann auch ein Federbalg oder dergleichen sein. Das Polster 13 dient dazu, Schwingungen des Rotors 12 nicht auf das Gehäuse 6 zu

409815/0577



übertragen und umgekehrt. Weiterhin wird durch das Polster 13 erreicht, daß die durch immer vorhandene Unwuchten des Rotors 12 entstehenden radialen Lagerbeanspruchungen reduziert werden. Das führt zu einer Erhöhung der Lebensdauer des Spiralrillen-Kalottenlagers 3. Durch das Polster 13 wird der Welle 1 bzw. dem Rotor 12 ermöglicht, sich näherungsweise um die Achse seines axialen Trägheitsmoments zu drehen, die bei Unwuchten von der geometrischen Drehachse abweicht. Die Zugkraft des Magneten 5 muß im vorliegenden Fall größer sein als das Eigengewicht des Rotors, damit dieser nicht aus dem Kalottenlager herausfällt. Diese Kraft kann vorzugsweise von einem Permanent-Magneten oder einem entsprechenden Elektromagneten aufgebracht werden. Auch im vorliegenden Fall besteht das Wellenende 2 aus magnetischem oder magnetisierbarem Werkstoff. Die gezeigte Rotorlagerung hat den Vorteil, daß bei höheren Drehzahlen der Rotor aufgrund der geometrischen Anordnung und seiner Kreiseigenschaften bei geeigneter Wahl der Trägheitsmomente, wie in Fig. 2 gezeigt, in stabiler definierter Lage rotiert, obwohl am unteren Rotorende keine wirksame Radiallagerung vorliegt. Störkräfte beim Betrieb können dazu führen, daß der Rotor 12 unerwünschte Präzessionsbewegungen ausführt. Diese können leicht mittels Dämpfungseinrichtungen gedämpft werden, die aus einem Positionsaufnehmer 8, einer Schaltung 10 und aus einem Elektro-Magneten 14 bestehen. In diesem Fall bringt der Elektro-Magnet 14 phasenrichtig magnetische radiale Zugkräfte auf den Rotor auf, deren Größe und zeitlicher Verlauf von der Positionsinformation des Aufnehmers 8 bestimmt werden. Die dem Magneten gegenüberliegende Rotoroberfläche 15 muß dabei aus magnetisierbarem oder magnetischem Material bestehen.

Figur 3 zeigt ein weiteres Beispiel für die Lagerung einer waagerechten Welle 1 in einem Spiralrillen-Kalottenlager 3. Hier ragt das Wellenende 16 in radialer Richtung über den Durchmesser des Kalottenlagers 3 hinaus und trägt an seinen Enden einen Magneten 17. Diesem Magneten 17 liegen am Gehäuse 6 befestigte Magneten 18 a gegenüber. Die Magnete 17, 18 a sind so gepolt, daß sie sich voneinander abstoßen und daß das Wellenende 2 in das Kalottenlager 3 gedrückt wird. Bei dieser Anordnung wird zusätzlich eine u. U. erhebliche Steifigkeit gegen Kippungen der Rotorachse erreicht, so daß dadurch ggfl. das in Fig. 1 noch vorhandene zweite Radiallager 23 entfallen

409815/0577

kann. Zur Erhöhung der Axialkraft kann ein Magnet 18 b vorgesehen sein, der gestrichelt angedeutet ist. Der Magnet 18 b ist so gepolt, daß sich die Magnete 17, 18 b anziehen. Dadurch wird das Wellenende 2 in das Kalottenlager 3 gedrückt:

Figur 4 zeigt einen stehend angeordneten Rotor 12, wobei hier, ähnlich wie in Figur 3, Magnete 17 und 18 a (vorzugsweise rotationssymmetrisch) vorgesehen sind, die so gepolt sind, daß sie sich gegenseitig abstoßen und so das Wellenende 2 in das Kalottenlager 3 drücken. Der Antrieb des Rotors 12 geschieht in vorteilhafter Weise berührungslos mittels des Stators 19, wobei der Rotor 12 gleichzeitig als Anker des Elektromotors dient. Die gezeigte Lageranordnung ist nicht auf die vertikale Drehachse des Rotors 12 beschränkt.

Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei hier das Ende des Rotors einen sich verjüngenden rotationssymmetrischen Polschuh 20 bildet, der von einem Zugmagneten 21 angezogen wird. Auch dieser Zugmagnet 21 weist ebenfalls einen sich verjüngenden Polschuh 22 auf, der rotationssymmetrisch gestaltet ist. Durch diese Gestaltung der Polschuhe wird neben der axial-gerichteten Zugkraft eine hohe radiale Führungskraft erreicht. Diese übernimmt praktisch die Aufgabe des zusätzlichen Radiallagers 23 in Fig. 1.

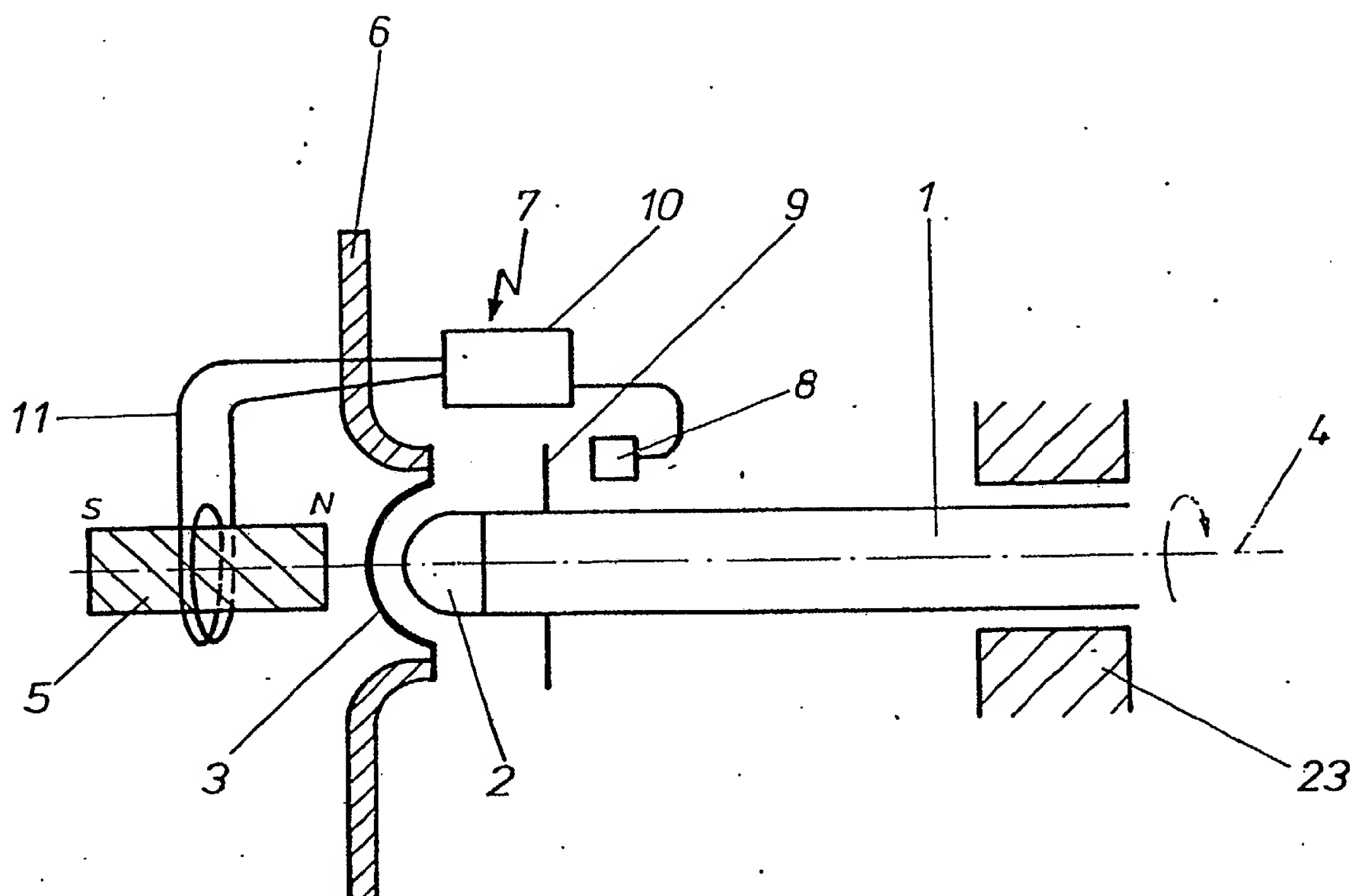
Vorteilhaft ist auch eine Anordnung, bei der sich mehrere, konzentrisch ineinanderliegende rotationssymmetrische Polschuhe gegenüberstehen, wie in Fig. 6 gezeigt ist.

Hier ist der Magnet 21 als Elektromagnet mit der Erregerwicklung 24 ausgebildet. Es können jedoch gleich vorteilhaft auch Permanentmagnete verwendet werden. Bei dieser Ausführung schließt sich der Magnetfluß über den Rotorpolschuh 20, so daß nur kleine Luftspalte zwischen den Polschuhringen zu überbrücken sind. Zu einem besonders kleinen Luftspalt kann übergegangen werden, wenn die Polschuhkanten auf Kugeloberflächen liegen, deren Mittelpunkt mit dem Pendel-Drehpunkt des Spiralrillen-Kalottenlagers zusammenfällt. In diesem Fall wird selbst bei großen Neigungswinkeln der Rotorachse eine mechanische Berührung der gegenüberliegenden Polschuhe mit Sicherheit ausgeschlossen.



Patentansprüche

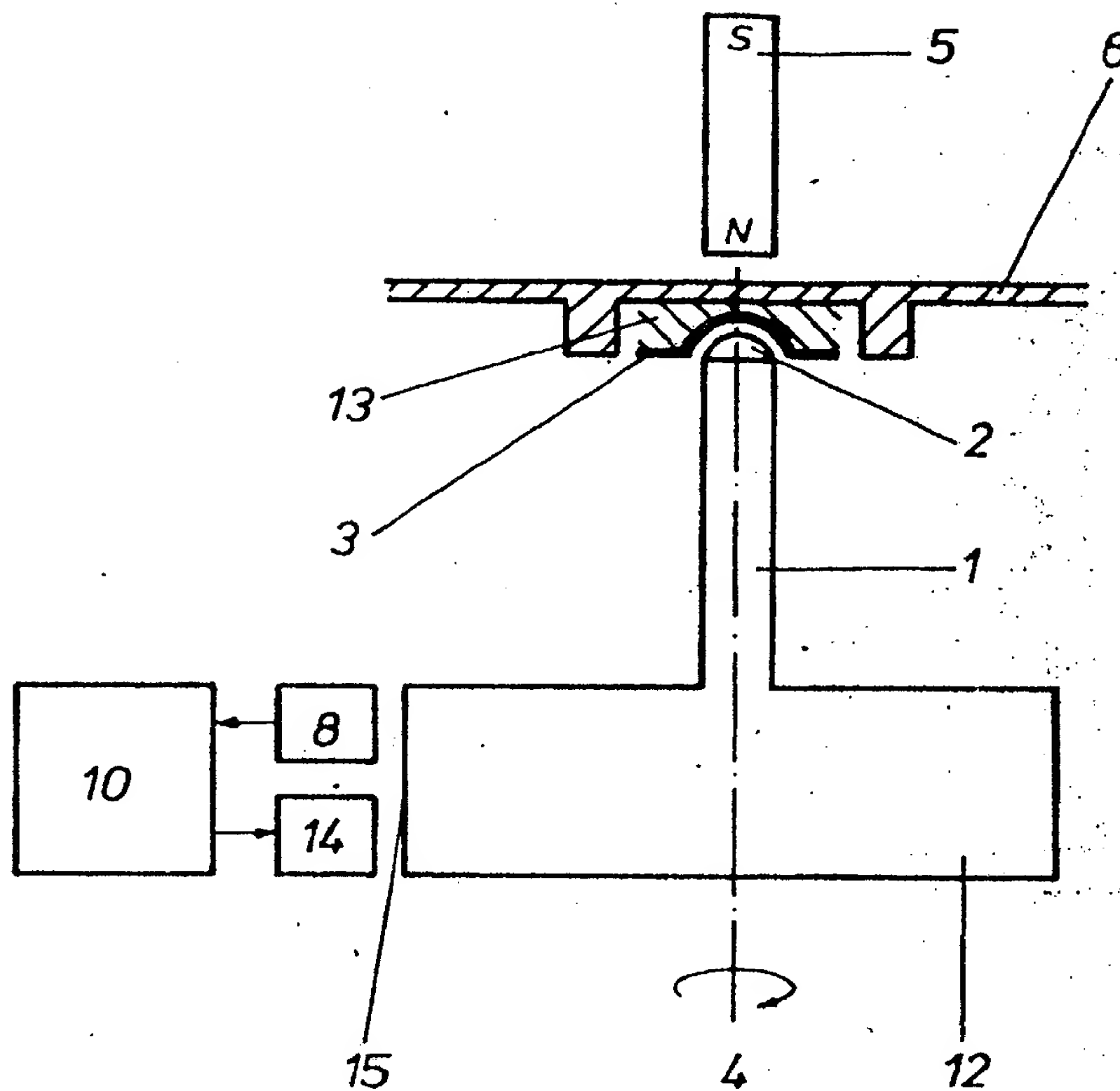
1. Lagerung für mit hoher Drehzahl rotierende Wellen, mit einem vorzugsweise als Spiralrillen-Kalottenlager ausgebildeten aero- oder hydrodynamischen Kalottenlager zur Wellenlagerung von Rotoren, Zentrifugen, Spindeln od. dgl., dadurch gekennzeichnet, daß in Nähe des Kalottenlagers (3) Magnete (5, 17, 18a, 21) angeordnet sind, die mittels eines magnetischen oder magnetisierbaren Wellenendteils (2) eine Kraft auf die Welle (1) in Richtung auf das Kalottenlager (3) ausüben.
2. Lagerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Zugmagnet (5) auf der dem Kalottenlager (3) abgewandten Seite nahe bei der Rotationsachse (4) der Welle (1) angeordnet ist.
3. Lagerung nach Ansprüchen 1 - 2, dadurch gekennzeichnet, daß das rotierende Wellenende (16) sich in radialer Richtung über den Durchmesser des Kalottenlagers erstreckt und Magneten (17, 18a) auf diese Teile (16) eine Kraft in Richtung auf das Kalottenlager (3) ausüben.
4. Lagerung nach Ansprüchen 1 - 3, gekennzeichnet durch eine das Kalottenlager (3) umgreifende stehende Rotorwelle (12), deren Wellenendteil (20) Magneten (21) gegenüber liegt.
5. Lagerung nach Ansprüchen 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Kalottenlager (3) mittels eines elastischen Polsters (13) auf seiner Unterlage abgefedert ist.



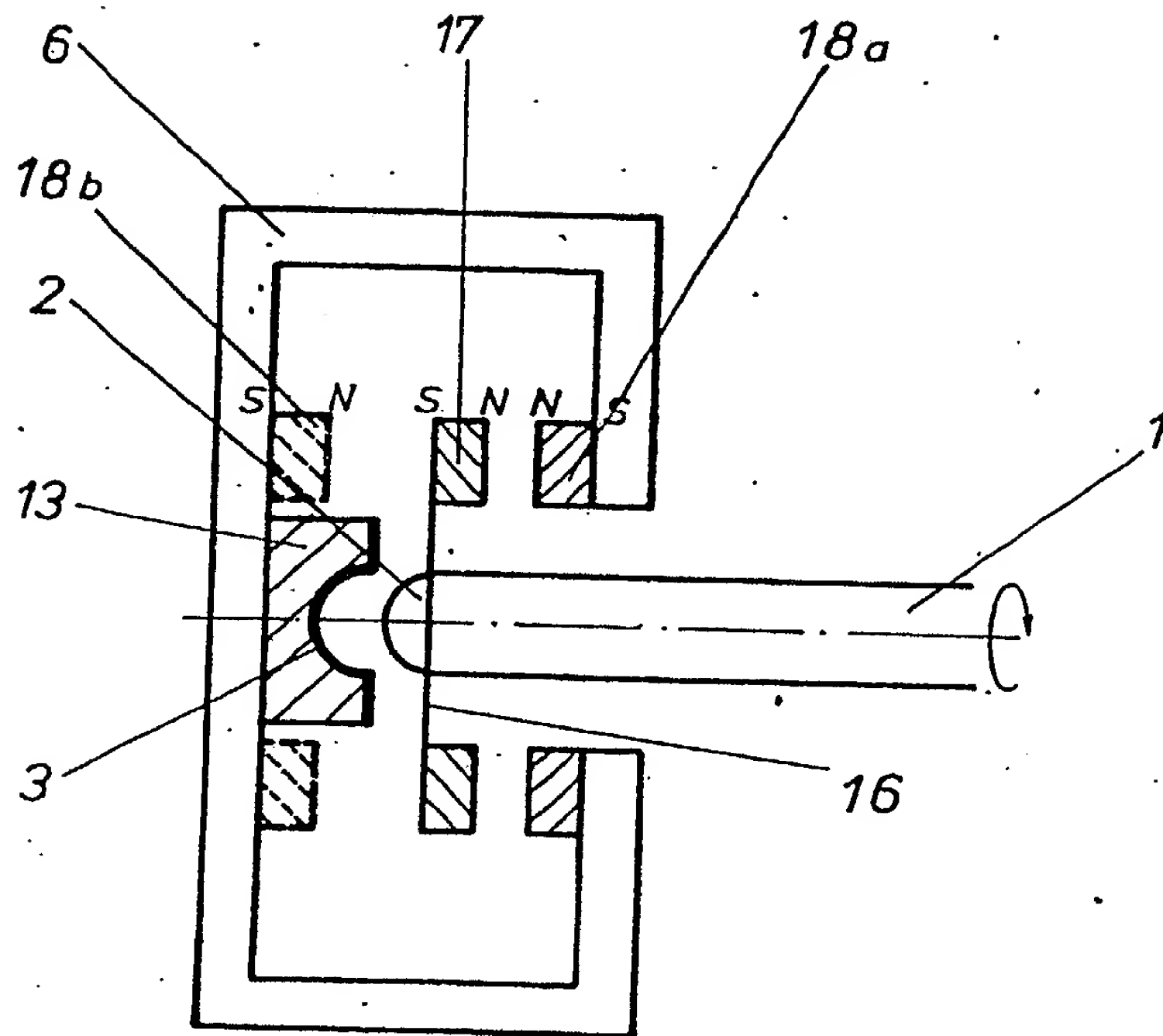
47b 32-00 AT:4.10.72 OT:11.4.74

Figur 1

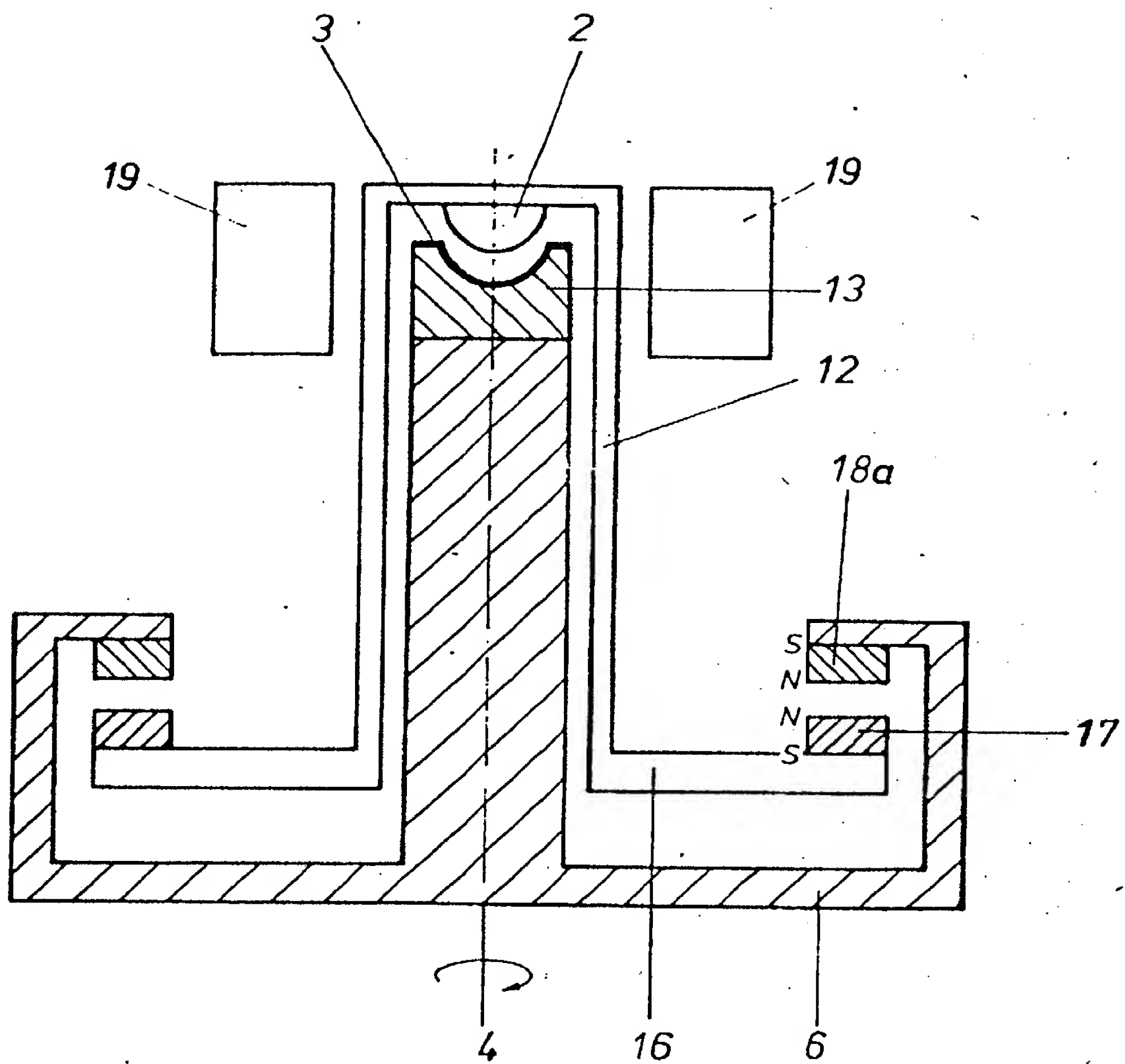
409815/0577



Figur 2

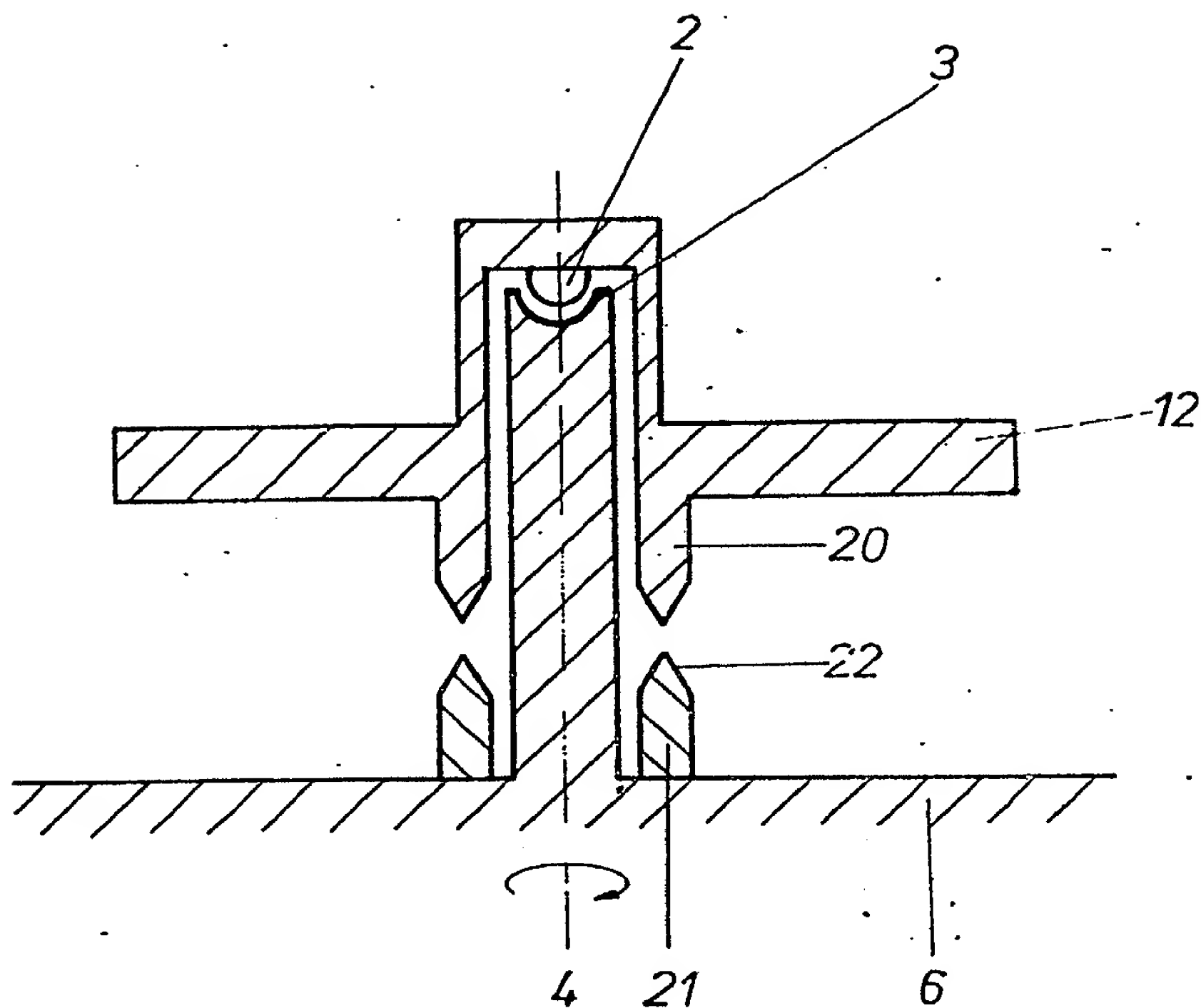


Figur 3



Figur 4

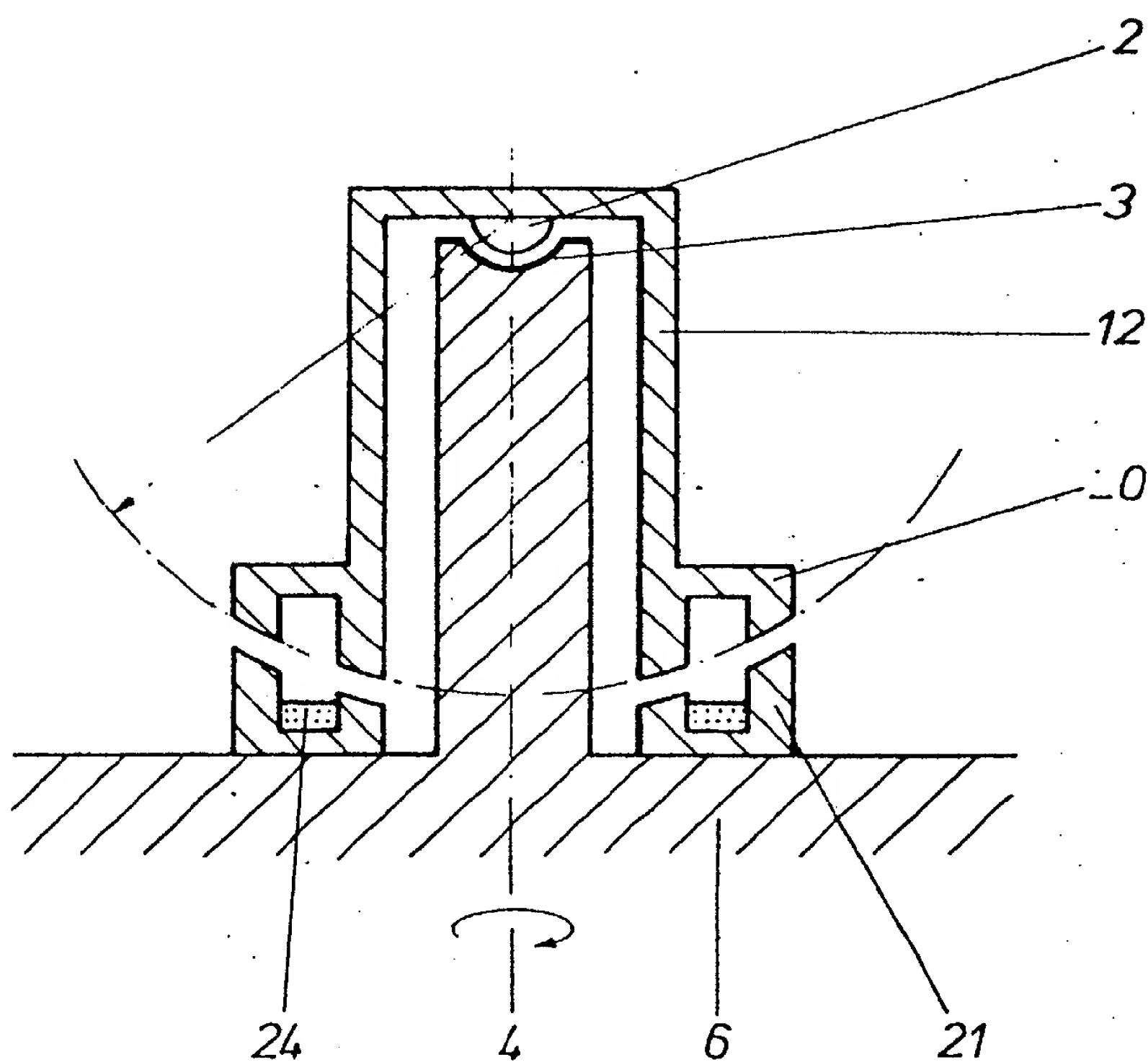
409815/0577



Figur 5

409815/0577





Figur 6

